

5. Blood Pressure Monitor. Using the Flexis QE128 Family. Rev. 0, 07/2008 (http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/DRM101.pdf);
6. Б.Д.Зислин, А.В.Чистяков и др. Пути повышения точности измерения артериального давления осциллометрическим методом. С.24-28. Медицинская техника. 2005;
7. <http://www.analog.com>;
8. http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MP3V5050.pdf;
9. <http://www.iar.com>.

УДК 621.317

Семиляк А.И., Мирзабеков М.М., Нуров Д.Р.

АНАЛИЗАТОР КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Semilyak A.I., Mirzabekov M.M., Noorov D.R.

ANALYZER OF QUANTITY AND QUALITY OF THE ELECTRIC POWER

Одним из направлений деятельности исследовательского центра «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» является проведение научно-исследовательских работ по применению электронных устройств и интеллектуальных систем распределения энергии компании Analog Devices, снабженных функцией точного измерения энергопотребления. В статье изложены вопросы оценки количества и качества электрической энергии с использованием анализатора, описана структура анализатора.

Основной составной частью анализатора является измерительная микросхема, производимая фирмой Analog Devices ADE7878, предназначенная для применения в коммерческих и промышленных интеллектуальных счетчиках электроэнергии. Такие счетчики с высокой степенью точности измеряют количество выработанной или потребленной электроэнергии и обладают средствами удаленного считывания результатов измерений.

Ключевые слова: *мощность, гармоника сигнала, фаза, нейтраль, ток, напряжение, электроэнергия, сигма-дельта АЦП, трехфазная сеть.*

One of the activities of the research center for "Energy Saving Technologies and Smart Metering in Electrical Power Engineering" is research work on the use of electronic devices and systems of intelligent power distribution, produced by Analog Devices and equipped with the accurate energy consumption measurement feature. The article focuses on the development of the analyzer of quantity and quality of electric energy.

The main part of the analyzer is a metering IC by Analog Devices ADE7878, designed for use in commercial and industrial smart electricity meters. Such counters measure the amount of consumed or produced electric energy with high accuracy and have the means of remote meter reading.

Key words: *power, harmonic signal, phase, neutral, current, voltage, electric energy, sigma-delta ADC, three-phase network.*

Микросхема фирмы Analog Devices ADE7878 обеспечивает требования класса точности 0.2 и является первой микросхемой, способной измерять активную и реактивную мощность с точностью 0,1%. Также она способна измерять мощность основной гармоники сигнала, что является критичным при определении параметров качества электроэнергии. Микросхема

ADE7878 предназначена для многофазных сетей, включая трех- и четырехпроводные конфигурации, соединения звездой и треугольником. Микросхема обеспечивает измерение активной и реактивной мощности с точностью 0,1% при динамическом диапазоне входного сигнала 1000:1, а точность 0,2% обеспечивается в диапазоне 3000:1. При измерении среднеквадратических токов и напряжений в динамическом диапазоне 1000:1 также выдерживается точность 0,1%.

Функциональная схема ADE7878 представлена на рис.1.

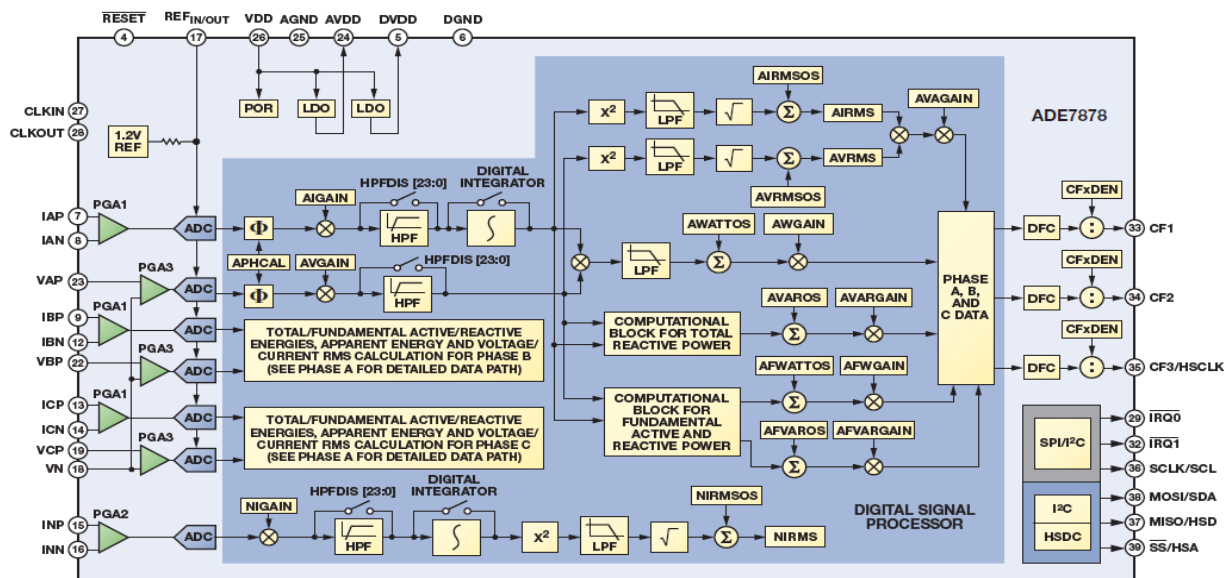


Рисунок 1 - Функциональная схема ADE7878

Помимо измерения токов и напряжений по каждой из фаз, а также нейтральной, микросхема ADE7878 способна определять различные параметры качества электроэнергии: «просадки» и пики напряжения и тока, периоды, фазовые углы, последовательность фаз. Также в этих микросхемах была впервые реализована возможность определения различных признаков хищения энергии без прекращения нормальной работы счетчика, что сокращает время на обслуживание и ремонт оборудования.

ADE7878 предоставляет доступ к встроенным регистрам счетчика посредством либо I2C, либо SPI интерфейсов. Специально выделенный высокоскоростной интерфейс, HSDC, может быть использован вместе с I2C, для предоставления доступа к выходным данным АЦП в реальном времени. Большой объем информации о состоянии питания, такой как перегрузка по току, перегрузка по напряжению, обнаружение максимального значения и падения напряжения, доступен через два внешних вывода прерывания IRQ0 и IRQ1.

Интегральная микросхема счетчика электроэнергии работает от напряжения питания 3.3В.

В исследовательском центре «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» с использованием Evaluating the ADE7878 Energy Metering IC был разработан и изготовлен анализатор количества и качества электроэнергии (см. рис.2).

Анализатор количества и качества электроэнергии вместе с сопровождающим программным обеспечением является полнофункциональным инструментом, обеспечивающим измерение параметров трехфазной сети. В состав программного обеспечения входят пакет LabVIEW компании National Instruments и пакет программ для микроконтроллера LPC2368. Возможности системы LabVIEW позволяют использовать ее для визуализации результатов измерения параметров трехфазной сети.

Анализатор количества и качества электроэнергии является высокоточным многоканальным измерительным устройством. Анализатор измеряет значения линейного напряжения и тока и вычисляет активную и реактивную энергию, а также

среднеквадратичные значения тока и напряжения. В устройство встроены семь сигма-дельта АЦП, измеряющих значения энергии с высокой точностью.



Рисунок 2 - Анализатор количества и качества электроэнергии

Особенности анализатора количества и качества электроэнергии:

- поддерживает требования стандартов IEC 62053-22, IEC 62053-23, EN 50470-1, EN 50470-3, ANSI C12.20, IEC 61000-4-7, классов I и II;
- обеспечивает измерение среднеквадратичных значений активной, реактивной и кажущейся мощности, коэффициента мощности, нелинейных искажений плюс шум;
- типовой дрейф опорного источника 10 ppm/ °C, предусмотрена возможность подключения внешнего опорного источника;
- напряжение питания 2,4...3,7 В.

Каждый из каналов тока и канал напряжения имеют полный путь прохождения сигнала, благодаря чему возможен большой диапазон измерений. Каждый входной канал включает гибкий усилительный каскад и каждый канал можно использовать с трансформаторами тока. Встроенные интеграторы облегчают использование сенсоров катушки Роговского. Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии представлена на рис.3.

Она содержит ИМС ADE7878 и 32-разрядный микроконтроллер LPC2368 фирмы NXP Semiconductors.

Высокочастотные выходы CF1, CF2 и CF3 мгновенной активной мощности, предназначены для калибровки или ввода в микроконтроллер.

В качестве датчиков применены трансформаторные датчики тока, так как они обладают рядом существенных преимуществ:

1. Измерительные трансформаторы тока, по сравнению с шунтами, работают при значительно меньших падениях напряжения на входе и практически не потребляют.
2. Измерительные трансформаторы тока обеспечивают гальваническую развязку между обмотками, поэтому измерительная схема не находится под высоким потенциалом.
3. Параметры трансформатора тока мало изменяются во времени и не зависят от температуры.
4. Коэффициент трансформации остается всегда постоянным.
5. Трансформаторы тока хорошо гасят импульсные помехи в измерительной цепи без применения дополнительных фильтров

6. Трансформаторы тока обеспечивают минимальный фазовый сдвиг между цепями измерения напряжения и тока, так как фильтрация измерительного сигнала производится за счет собственной индуктивности трансформатора.

7. Обеспечивается простота измерения 3-х фазных токовых сигналов за счет гальванической развязки токовых проводов и измерительной части.

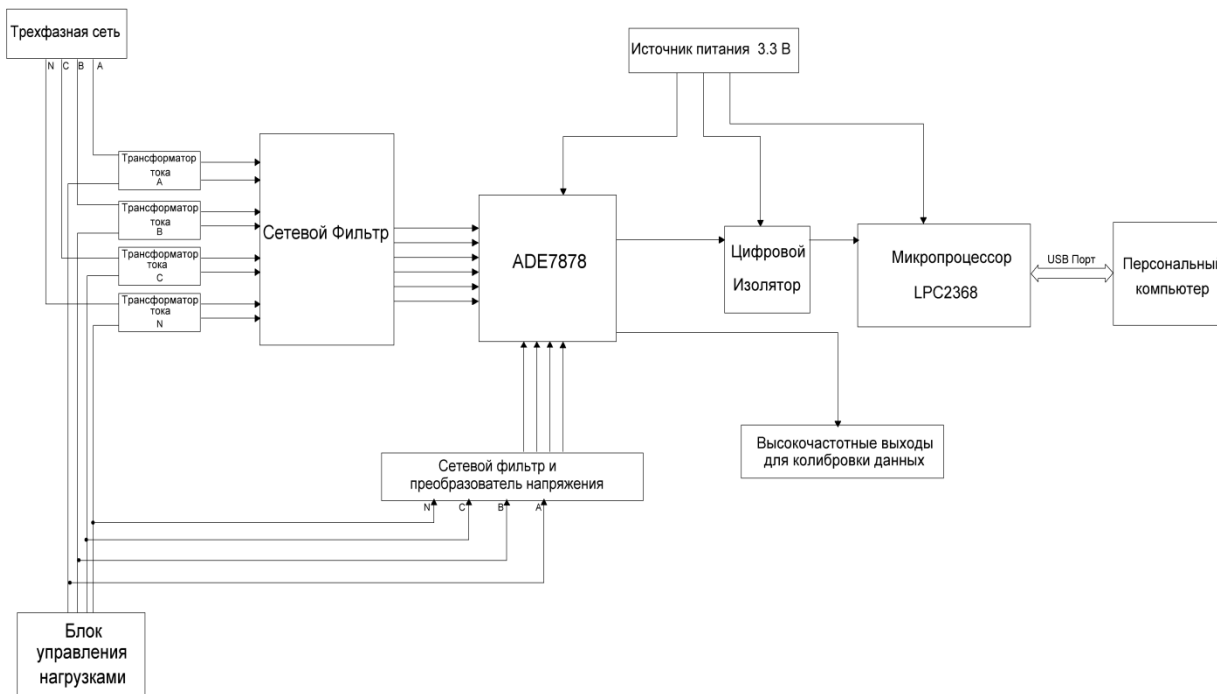


Рисунок 3 - Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии

В качестве датчиков тока (измерительных трансформаторов тока) в анализаторе используются трансформаторы ТО5-85А-65-К/60Ф-20, нагруженные на прецизионный резистор, с магнитопроводом из нанокристаллических сплавов. Выходное напряжение, снимаемое с резистора, пропорционально току первичной обмотки.

На рисунке 4 показана возможность использования трансформатора тока в качестве датчика тока в одной фазе 3-фазной распределительной системы с нейтралью (фаза А).

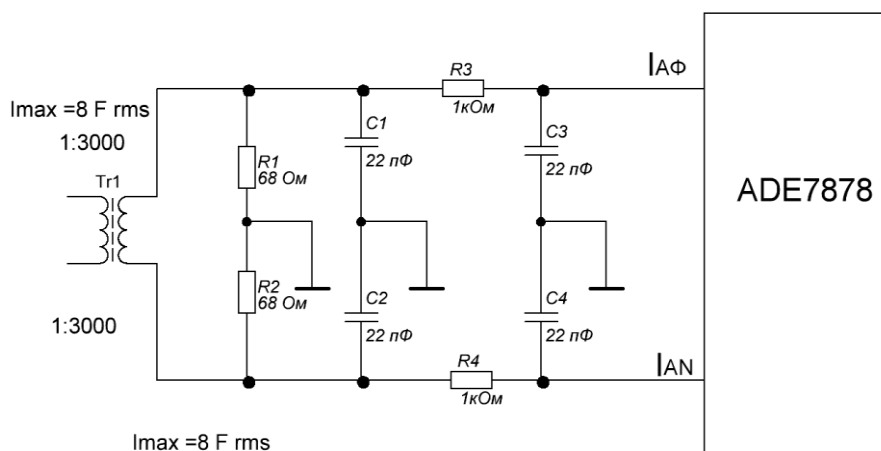


Рисунок 4 - Подключение трансформатора тока в качестве датчика тока

Две других фазы и нейтральной ток требуют аналогичных соединений. Нагрузка резисторов R1 и R2 должны быть определены как функции коэффициента трансформации тока и максимального тока в системе, с использованием следующей формулы:

$$R1 = R2 = 1/2 \times 0,5/\sqrt{2} \times N/I_{FS}$$

где:

0.5/sqrt (2) действующее значение полномасштабного напряжения принятого на входе АЦП.

N — это коэффициент трансформации трансформатора тока.

IFS - максимальное среднеквадратичное значение тока, которое должно быть измерено.

При использовании трансформаторов тока в измерительную цепь необходимо включить фильтр защиты от наложения спектров (рис. 4). Вторичный ток трансформатора преобразуется в напряжение с помощью резистора нагрузки через вторичные обмотки выходов. Больше всего трансформаторы тока вводят фазовый сдвиг, что производитель указывает в техпаспорте. Этот фазовый сдвиг может привести к значительным ошибкам измерения энергии, особенно при низких значениях коэффициента мощности. ADE7878 может исправить ошибку фазы с использованием регистров калибровки фазы APHCAL, BPHCAL, и SPHCAL до тех пор, пока ошибка остается между $-6,732^\circ$ и $1,107^\circ$ при 50 Гц. Программное обеспечение ADE7878 позволяет пользователям корректировать фазы калибровочными регистрами. Для цепи, приведенной на рисунке номинал резисторов R1, R2 68 Ом означает, что среднеквадратичное значение входного тока может достигать 8 А при полной шкале входного напряжения на АЦП ADE7878 0,5 В. Кроме того коэффициент усиления PGA для текущего канала должен быть установлен в 1. Программное обеспечение позволяет пользователю настроить усиление текущего канала.

Задача проектирования прикладного программного обеспечения для автоматизации информационно-измерительной системы решена с использованием функций пакета LabVIEW, который позволяет создавать приложения для тестирования, измерения, сбора данных, управления измерительными приборами, регистрации данных и обработки результатов измерений.

В качестве примера на рис.5 приведена панель измерения активной энергии.

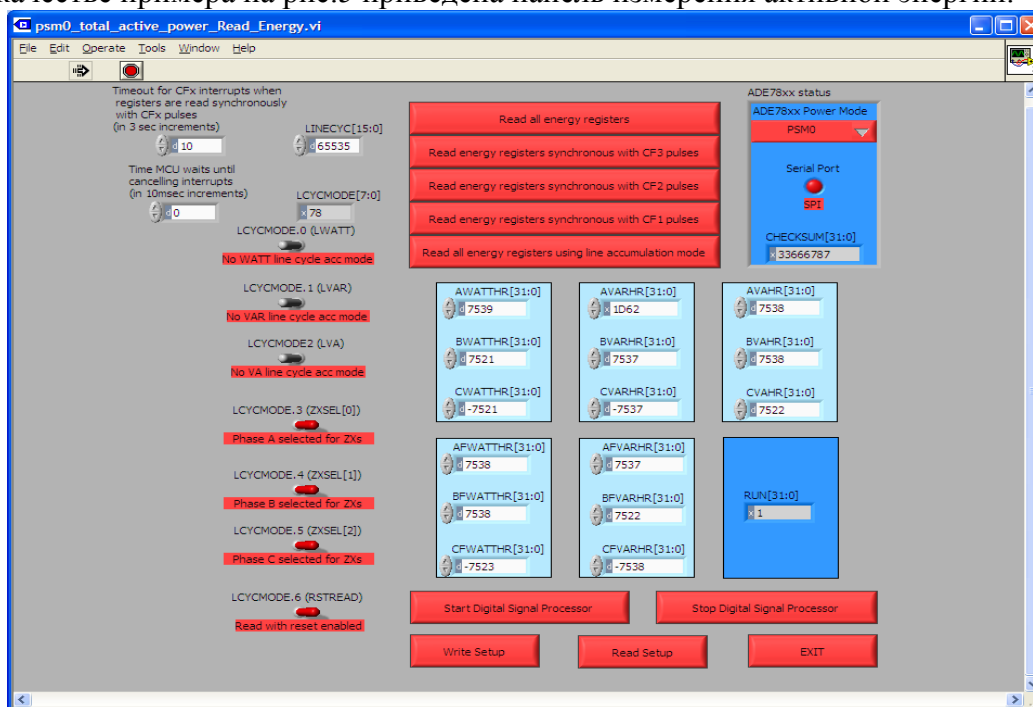


Рисунок 5 - Вид панели анализа активной энергии в LabVIEW

LabVIEW представляет собой высокоэффективную среду графического программирования, в которой можно создавать гибкие и масштабируемые приложения измерений, управления и тестирования с минимальными временными и денежными затратами. LabVIEW сочетает в себе гибкость традиционного языка программирования с интерактивной технологией Экспресс ВП (ВП - виртуальный прибор), которая включает в себя автоматическое создание кода, использование помощников при конфигурировании измерений, шаблоны приложений и настраиваемые Экспресс ВП.

Выводы

Результатом работы является разработанный прибор, обеспечивающий измерение активной и реактивной энергии, среднеквадратичных значений тока и напряжения трехфазной сети, взаимодействие с измерительной и управляющей аппаратурой, доступ ко всем внутренним ресурсам интегральной микросхемы ADE7878.

Библиографический список:

1. Evaluation Board User Guide UG-146
2. Polyphase Multifunction Energy Metering IC. ADE7854/ADE7858/ADE7868/ADE7878